ChinaXiv合作期刊

doi:10.13866/j.azr.2018.04.18

塔里木河上游河岸胡杨径向生长对温度的敏感性①

苟晓霞[1,2]， 叶 茂[1,2]， 汪亮亮[1,2]， 苟晓红[1,3]
（1. 新疆师范大学 地理科学旅游学院，新疆 乌鲁木齐 830054；2. 新疆干旱区湖泊环境与资源实验室，新疆 乌鲁木齐 830054；3. 新疆农业大学，新疆 乌鲁木齐 830000）

摘 要： 基于塔里木河上游近 64 a 的气象数据和上游河岸胡杨年轮资料，分析塔里木河上游河岸胡杨径向生长特征及其与气候因子的关系，并采用敏感度分析方法研究胡杨径向生长的敏感温度。研究结果表明：近 170 a 来，胡杨年轮生长出现了两个峰值和一个低值，两个峰值出现在 1857 a 和 1879 a。在 1879 a 以后年轮生长呈现明显下降趋势，1955 a 达到最低值。此后年轮生长又开始出现增加趋势，1989 a 以后年轮生长略微降低。树轮年轮指数与 6—9 月的平均温度呈现显著负相关，说明温度是限制塔里木河上游河岸胡杨径向生长的主要因子。随着温度的上升，胡杨径向生长呈现逐渐减小的趋势。河岸胡杨径向生长对温度变化响应敏感度不同。随着温度上升，胡杨径向生长灵敏度降低幅度呈现先增强后减弱的趋势，灵敏度最大值所对应的温度为 18.6 ℃。因此，该采样区域的胡杨径向生长的最佳温度是 18.6 ℃。

关键词： 河岸；胡杨；年轮；径向生长；气候变化；塔里木河

道格拉斯被世界树轮学界公认为“树木年轮学之父”，他在 1929 年创立了树轮年代学，并于 1937 年 12 月，在美国亚利桑那大学创建了世界上第一个树木年轮实验室，自此树木年轮得到了长足的发展[1-5]。与其他测年方法相比，树轮方法测年分辨率高、树轮样本分布广泛、容易获得，并且树木年轮的连续性很好，对于古气候、古代环境的研究具有很大作用[6-9]。胡杨作为干旱区的荒漠河岸林优势种，是世界上少有的实生起源林木，它具有防风固沙、改善小区域气候和保持生态平衡的功效。所以，保护胡杨林具有重要的实际意义。

胡杨在中国主要分布在黑河流域和塔里木河流域，其中塔里木河流域的胡杨总面积占世界胡杨林面积的 54%，中国 89% 的胡杨都分布在塔里木河流域[10]。前人已经对胡杨做了大量的研究，干旱区胡杨的树木年轮记录，在很大程度上反映了地表径流和地下水的相关信息[11-14]。刘普幸等人研究了额济纳旗地区胡杨的气候信息[5]。对于塔里木河流域胡杨径向生长与气候信息相关关系的研究较少。因此，本文以塔里木河河岸胡杨为研究对象，通过数理统计方法，定量研究河岸胡杨生长的合理温度，为河岸胡杨的保护提供理论依据。

1 研究区概况

塔里木河是南疆人民的“母亲河”，其上游是指从阿拉尔至英巴扎河段[15-16]。本文采样点位于塔里木河上游，该流域在塔克拉玛干沙漠北缘，气候类型属于暖温带干旱荒漠气候，降水稀少，且主要在 6—8 月，最大降水量在 6 月，约为 160 mm。蒸发强烈，年蒸发量（潜势）高达 2 000 ~ 2 500 mm；气候炎热干燥，7 月平均气温在 25 ℃以上。在极端气候环境条件下，发育了大面积的胡杨林。本文以胡杨年轮为研究对象，2016 年 8 月在塔里木河上游的吉格达拉断面和帕满水库沿岸进行采样，选取的胡杨采样点距离水源地 150 m 左右，采样点位置分别为 40°58′19″N，83°3′23″E 和 40°58′35″N，83°3′16″E，2 个样点距离不到 1 km。采样区的位置如图 1 所示。

2 资料与方法

2.1 树轮数据获取

在 2 个采样点中随机选取生长健康、长势良好的胡杨 32 棵，用生长锥按照“十字交叉”法采集胡

① 收稿日期：2017－0－；修订日期：2017－－
基金项目：国家自然科学基金项目（41461045）；自治区研究生科研创新项目（XJGRI2017096）；自治区青年科技创新人才培养工程－优秀青年科技创新人才培养项目（2013721032）资助
作者简介：苟晓霞（1991－）女，硕士研究生，主要从事干旱区水资源及恢复生态学研究. E-mail：gouxiaoxia1111@163.com

chinaXiv:201807.00005v1

ChinaXiv合作期刊

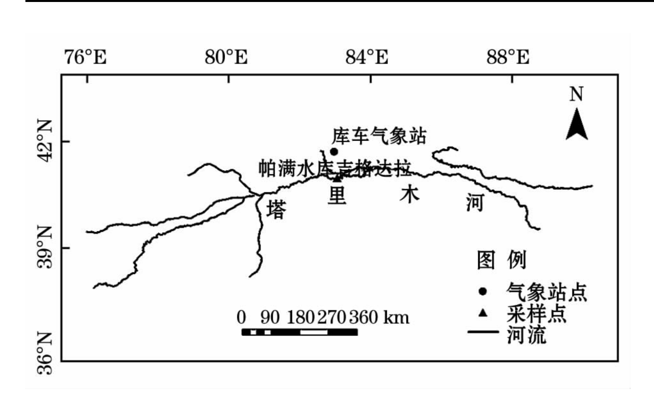


图 1 塔里木河上游树轮采样点及气象站点分布示意图

Fig. 1 Round of sampling points and the Tarim River middle reaches tree meteorological site map

杨的树芯，共采集样芯64根。样本带回实验室干燥后，根据树木年轮处理的基本程序，对样本进行粘贴、固定、打磨等预处理。将树轮定年，利用LINT-ABTM 6型树木年轮测定仪器测量年轮宽度（精度为0.001 mm），将树轮宽度值与年代以测量格式直接导入计算机，可得出胡杨年轮宽度。

2.2 气象数据获取

气象数据资料源于新疆气象局。本文选用距离采样点较近的库车气象站（41.72°N，82.97°E，海拔高1 081.9 m，1951—2014年）的气象数据，包括降水和气温（月平均气温、月平均最高气温、月平均最低气温、月平均降水）（图2）。

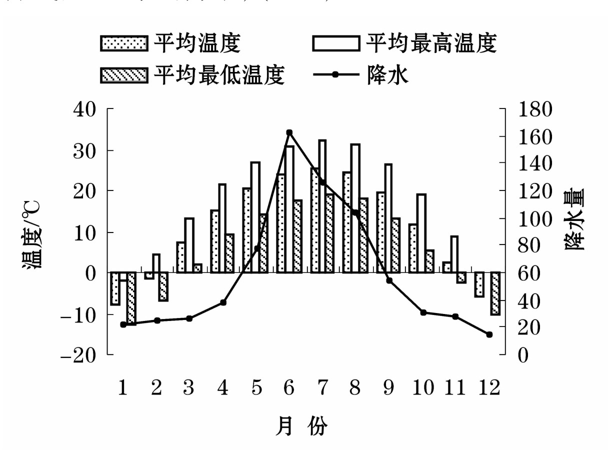


图 2 库车县气温、降水月变化

Fig. 2 The monthly temperature and precipitation in kuqa county

2.3 数据分析

为了排除胡杨年龄对年轮宽窄的影响，本文运用胡杨年轮指数分析，标准化处理径向生长量实测数据，通过数学方法求得新的年轮指数序列。求取年轮指数（Li），用年轮宽度序列实测读数（Wi）除以从胡杨径向生长趋势曲线上读出的年轮宽度值（Yi），公式为：

$$Li = Wi/Yi \tag{1}$$

利用相关性分析方法，对胡杨年轮指数变化与月平均气温、月平均最高气温、月平均最低气温、月平均降水量4个指标进行相关分析，找到限制胡杨径向生长的因子。采用函数分析计算不同月份胡杨年轮指数与气候组合要素之间的关系。

为了反映不同温度下的胡杨径向生长的变化规律，运用灵敏度指数公式计算胡杨径向生长变化速率，其计算灵敏度指数公式为[17-18]：

$$S_k = \frac{dy}{dx} \cdot (x/y) \tag{2}$$

式中：x是温度变化；y是胡杨年轮指数；S_k反映了胡杨径向生长对温度变化响应的敏感程度，S_k值越大，说明温度对胡杨径向生长变化速率的影响越敏感，反之亦然。

3 结果与分析

3.1 胡杨径向生长特征

胡杨年轮宽度指数变化如图3所示。在1845—2015年近170 a来，胡杨年轮生长出现了两个峰值和一个低值，两个峰值出现在1857年和1879年。在1879年以后年轮生长呈现明显的下降趋势，1956年达到最低值为0.44。此后，年轮生长又开始出现增加趋势，并在1989年出现高值，1989年以后年轮生长略微降低。

3.2 胡杨径向生长与气候要素的相关性分析

将1951年以后的胡杨年轮指数与相应年份的气候数据做相关分析，可以得出表1。从表1可以



图 3 采样点树轮宽度指数和样本量

Fig. 3 The Sample point tree - ring width indicesand the amount of sample size

chinaXiv:201807.00005v1

ChinaXiv合作期刊

表 1 塔里木河上游胡杨年轮指数与当年气候的月相关分析

Tab. 1 The radial growth river is related to the climate of the year in the Tarim

月份	平均气温	平均最高气温	平均最低气温	降水量
1	0.307*	0.225	0.302*	0.05
2	0.088	-0.029	0.125	0.208
3	-0.121	-0.203	-0.092	0.161
4	-0.04	-0.038	-0.125	-0.088
5	-0.098	-0.037	-0.219	-0.015
6	-0.377**	-0.192	-0.500**	0.056
7	-0.34**	-0.196	-0.479**	-0.028
8	-0.371**	-0.201	-0.552**	0.019
9	-0.542**	-0.342*	-0.688**	0.314*
10	-0.066	0.056	-0.256*	0.051
11	0.199	0.169	0.126	-0.212
12	0.354**	0.28*	0.346**	-0.007

注:**表示 0.01 的显著性水平;*表示 0.05 的显著性水平。下同。

表 2 塔里木河上游胡杨年轮指数与前一年气候的月相关分析

Tab. 2 The growth of the radial growth is related to the previous year's climate in the tarim river

月份	平均气温	平均最高气温	平均最低气温	降水量
P5	-0.086	-0.032	-0.184	-0.042
P6	-0.289*	-0.123	-0.418**	0.004
P7	-0.298*	-0.185	-0.432**	0.024
P8	-0.299*	-0.148	-0.485**	0.003
P9	-0.442**	-0.272*	-0.619**	0.236
P10	-0.009	0.074	-0.199	0.102
P11	0.261*	0.191	0.208	-0.16
P12	0.350**	0.274*	0.339**	0.009

注:**表示 0.01 的显著性水平;*表示 0.05 的显著性水平

看出,胡杨年轮指数与当年 6—9 月、12 月的平均气温、9 月的平均最高气温显著相关。其中与 6—9 月平均气温相关性极高($P<0.01$)。与 6—9 月的平均最低气温呈极显著的相关,相关系数通过了 99.9% 的显著性检验,其中当年 9 月的平均最低气温的相关系数高达 -0.688。胡杨年轮指数与 6—9 月的平均最低气温的平均值相关系数为 -0.684(通过了 99.9% 的显著性检验),说明 6—9 月的气温是胡杨生长的限制因子。

从表 2 可见,胡杨年轮指数与前一年 6—9 月的平均温度相关($P<0.05$);与前一年 6—9 月的平均最低温度相关($P<0.01$),其中与前一年 9 月的平均温度相关系数达 -0.542。如果将前一年 6—9 月平均最低气温的平均值与胡杨年轮指数进行相关性分析,相关系数达 -0.603($P<0.01$)。另外,从表 2 中可见,胡杨年轮指数与前一年 12 月的气温相关,其中与平均气温和平均最低气温的相关系数都通过了 0.01 的显著性水平,与平均最高气温的相关系数为 0.274($P<0.05$)。前一年降水量与当年胡杨年轮指数无关。从表 2 的分析可以说明,该研究区温度变化对胡杨年轮生长的影响具有"滞后效应",年平均温度的变化可能影响下一年或者更长时间胡杨年轮的生长。

降水与胡杨年轮指数相关系数没有通过显著性检验,这是因为塔里木盆地属于暖温带大陆性气候,6—9 月气温较高,降水稀少,库车月平均降水量最大在 160 mm 左右,而年平均蒸发量却达到 2 000 mm 以上,大气降水未被植物利用前完全被蒸发,对胡杨生长不会有太大的影响,这与前人研究成果一致,说明该研究区降水与胡杨年轮指数不相关[19-20]。

3.3 胡杨径向生长对温度变化的灵敏度分析

从以上分析发现,胡杨年轮指数与当年 6—9 月的平均最低温度相关性都超过了 99%($P<0.01$)的显著性检验,说明 6—9 月份的温度对胡杨的生长有极大的相关性。为了进一步定量分析胡杨年轮指数与温度之间的关系,将胡杨年轮指数与当年 6—9 月最低温度的平均值之间建立回归模型(图 4)。两者拟合方程为:

$$y=0.001\,1x^4-0.059\,2x^3+1.046\,1x^2-5.998\,4x \quad (3)$$

其中,样本数 $N=65$,相关系数 $R^2=0.5323$,显著性 $P<0.01$。

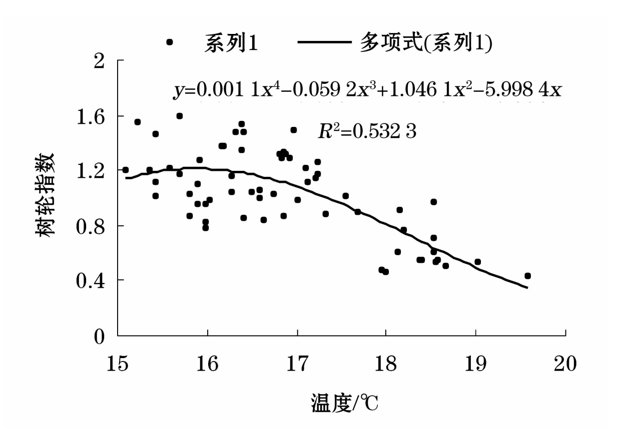


图 4 当年 6—9 月平均最低气温与年轮指数的关系

Fig. 4 The average minimum temperature was associated with the annual index June to September

chinaXiv:201807.00005v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201807.00005v1

该方程通过了99.9%的显著性检验，拟合效果很好。从拟合曲线变化可以看出，随着温度的增加，胡杨年轮指数整体呈现逐渐降低的趋势。

为了准确反映胡杨径向生长随温度的变化速率，根据灵敏度计算公式(2)，利用胡杨年轮指数与6—9月平均最低温度关系的拟合方程(3)，可得 S_k 的变化特征曲线(图5)。从 S_k 的变化特征曲线可以看出，胡杨径向生长变化量随温度的增加上升，灵敏度降低幅度呈现先增强后减弱的趋势。当温度在18.6 ℃时，胡杨径向生长降低速率(S_k)达到最大值。当温度大于18.6 ℃时，胡杨径向生长降低速率随温度的上升而逐渐减少。因此认为，18.6 ℃是胡杨径向生长变化率最敏感的温度。

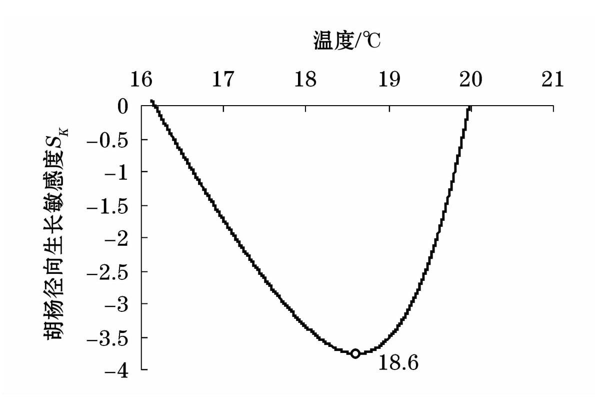


图5 不同温度下胡杨年轮指数变化的灵敏度曲线

Fig. 5 The sensitivity curve of the variation of the radial growth of Populus euphratica at different temperatures

4 讨 论

大量研究表明，地下水是胡杨生长的限制性因素，在一定的范围内，地下水水位越高，胡杨生长越旺盛[9][21-24]。塔里木河上游地区，6—9月河流径流量增大，其中7月和8月径流量达到峰值[25]。采样点距离河岸较近，地表水转化为地下水使得地下水位较高，胡杨生长有充足的水源。6—9月径流逐渐增加的同时，温度逐渐升高，较高的温度使蒸发能力增强，利于过湿土壤层水分的散失，同时高温加强了胡杨蒸腾作用，使多余的水分通过胡杨自身作用流失；较高的温度也提高了树木的呼吸作用，有利于树木生长[5]。这也充分说明了较高温度对胡杨影响很大。

通过分析得出，18.6 ℃是胡杨径向的最敏感温度。当温度大于18.6 ℃时，胡杨径向生长变化速率减小，这说明胡杨径向生长对温度变化敏感并受到高温的限制。有研究解释，当温度过高时，胡杨体内的代谢过程和生物酶的活性受到影响，叶片上的气孔关闭，呼吸作用、蒸腾作用、光合作用等直接或者间接受到影响，从而限制了胡杨的生长[26-27]。另外，有研究表明，在潜层地下水条件下，尽管环境水分供应不受限制，胡杨在午间高温、高辐射下导致的蒸腾压力，不能与柽柳一样通过高耗水来维持高碳同化速率，因此，也说明高温会限制胡杨的生长[28]。

观察发现，塔里木河流域夏季平均气温超过了24.5 ℃，且1月平均气温为−8 ℃左右，采样区胡杨无死亡现象，说明该区域的温度没有超过胡杨生长的生态幅。所以，本文中求得的敏感温度即为胡杨生长的合理温度。

由前人的研究可以发现，塔里木河流域夏季气温在20 ℃左右，植被归一化指数(NDVI)值也是最大的[29-30]。说明塔里木河流域采样点附近，20 ℃左右也适合其他植被的生长，这也反映出本文提出的胡杨径向生长的最佳温度是合理的。

5 结 论

通过对塔里木河上游吉格拉地区的胡杨径向生长的研究，将胡杨年轮指数与距离采样点最近的库车气象站的气候要素进行了响应分析，得出了以下结论：

(1) 近170 a来，胡杨年轮生长出现了两个峰值和一个低值，两个峰值出现在1857年和1879年。在1879年以后年轮生长呈现明显下降趋势，1955年达到最低值。此后，年轮生长又开始出现增加趋势，1989年以后年轮生长略微降低。

(2) 树轮年轮指数与6—9月的平均气温呈现显著负相关，说明温度是限制塔里木河上游河岸胡杨径向生长的主要因子。随着温度的增加，胡杨径向生长呈现逐渐减小的趋势。

(3) 河岸胡杨径向生长对温度变化响应敏感度不同。随着温度上升，胡杨径向生长灵敏度降低幅度呈现先增强后减弱的趋势，灵敏度最大值所对应的温度为18.6 ℃。因此，笔者认为，该采样区域胡杨径向生长的最佳温度是18.6 ℃。

参考文献(References)：

[1] Briffa K R, Jones P D, Schweingruber F H, et al. Influence of volcanic eruptions on Northern Hemisphere summer temperature over

ChinaXiv合作期刊

the past 600 years〔J〕. Nature,1998,393(6 684):450 – 455.

〔2〕 Loaiciga H A ,Haston L,Michaelsen J. Dendrohydrology and long-term hydrologic phenomena〔J〕. Reviews of Geophysics,1993,31(2):151 – 171.

〔3〕 李江风,袁玉江,由希尧,等. 树轮水文学的研究与应用〔M〕. 北京:科学出版社,2000.〔Li Jiangfeng,Yuan Yujiang,You Xirao,et al. Research and application of tree – round hydrology〔M〕. Beijing:Science Press,2000.〕

〔4〕 刘普幸,勾晓华,张齐兵,等. 国际树轮水文学研究进展〔J〕. 冰川冻土,2004(6):720 – 728.〔Liu Puxing,Gou Xiaohua,Zhang Qibing,et al. Advances in Dendrohydrology around the World〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2004,26(6):720 – 728.〕

〔5〕 刘普幸. 额济纳旗胡杨径向生长的水文气候因子研究〔D〕. 兰州大学,2007.〔Liu Puxing. Study on Hydroclimatic Factors of Populus euphratica oliv. in Ejin Banner,Inner Mongolia,Arid China〔D〕. Lanzhou University,2007.〕

〔6〕 马利民,刘禹,赵建夫. 交叉定年技术及其在高分辨率年代学中的应用〔J〕. 地学前缘,2003,(2):351 – 355.〔Ma Limin,Liu Yu,Zhao Jianfu. Cross – dating technology and its application in high resolution chronology〔J〕. Earth Science Frontiers,2003,(2):351 – 355.〕

〔7〕 刘禹,吴祥定,安芷生,等. 树轮密度、稳定 C 同位素对过去近 100 a 陕西黄陵季节气温与降水的恢复〔J〕. 中国科学(D 辑:地球科学),1997,(3):271 – 76.〔Liu Yu,Wu Xiangding,An Zhisheng,et al. Tree – wheel density and stable C – isotope recovery of seasonal temperature and precipitation in the past 100 a Shaanxi Huangling〔J〕. Scientia Sinica(Terrae),1997,(3):271 – 276.〕

〔8〕 齐元元,尚华明,张瑞波,等. 利用树轮重建玛纳斯河流域过去 289 a 降水变化〔J〕. 干旱区研究,2017,34(4):942 – 949.〔Qi Yuanyuan,Shang Huaming,Zhang Ruibo,et al. The 289 – year variation of precipitation reconstructed with Tree – ring data in the Manas River Basin〔J〕. Arid Zone Research,2017,34(4):942 – 949.〕

〔9〕 邵雪梅,吴祥定. 利用树轮资料重建长白山区过去气候变化〔J〕. 第四纪研究,1997,(1):76 – 85.〔Shao Xuemei,Wu Xiangding. Reconstruction of climate change on Changbal Mountion,northeast China using tree – ring data〔J〕. Quaternary Sciences,1997,(1):76 – 85.〕

〔10〕 陈亚宁,李卫红,陈亚鹏,等. 新疆塔里木河下游断流河道输水与生态恢复〔J〕. 生态学报,2007,27(2):538 – 545.〔Chen Yaning,Li Weihong,Chen Yapeng,et al. Water conveyance in dried – up riverway and ecological restoration in the lower reaches of Tarim River,China〔J〕. Acta Ecologica Sinica,2007,27(2):538 – 545.〕

〔11〕 韩路,王海珍,彭杰,等. 塔里木河上游天然胡杨林种群空间分布格局动态研究〔J〕. 西北植物学报,2007,27(8):1 668 – 1 673.〔Han Lu,Wang Haizhen,Peng Jie,et al. Spatial distribution patterns and dynamics of major population in populus euphratica forest in upper reaches of Tarim River〔J〕. Acta Botanica Boreali – Occidentalia Sinica,2007,27(8):1 668 – 1 673.〕

〔12〕 张永香,勾晓华,胡文东,等. 树轮记录的贺兰山区近百年来的干旱事件〔J〕. 生态学报,2005(8):2 121 – 2 126.〔Zhang Yongxiang,Gou Xiaohua,Hu Wendong,et al. The drought events recorded in tree ring width in Helan Mt. over past 100 years〔J〕. ? Acta Ecologica Sinica,2005(8):2 121 – 2 126.〕

〔13〕 肖生春,肖红浪,周茂生,等. 近百年来西居延海湖泊水位变化的湖岸林树轮记录〔J〕. 冰川冻土,2004,26(5):557 – 562.〔Xiao Shengchun,Xiao Honglang,Zhou Maosheng,et al. Water level change of the west Juyan Lake in the Past 100 Years Recorded in the Tree Ring of the Shrubs in the Lake Banks〔J〕. Journal of Glaciology and Geocryology,2004,26(5):557 – 562.〕

〔14〕 张绘芳,李霞. 塔里木河下游胡杨种群空间分布格局分析〔J〕. 西北植物学报,2006,26(10):2 125 – 2 130.〔Zhang Huifang,Li Xia. Spatial distribution pattern of populus euphratica populations in the lower reaches of Tarim River〔J〕. Acta Botanica Boreali – Occidentalia Sinica. ,2006,26(10):2 125 – 2 130.〕

〔15〕 宋郁东,樊自立,雷志栋,等. 中国塔里木河水资源与生态问题研究〔M〕. 新疆:新疆人民出版社,2000: 37 – 38.〔Song Yudong,Fan Zili,Lei Zhidong,et al. Research on Water Resources Ecology of Tarim River,China〔M〕. Urumqi:Xingjiang People's Publishing House,2000:37 – 38.〕

〔16〕 韩路,席琳乔,王家强,等. 塔里木河上游灰胡杨种群生活史特征与空间分布格局〔J〕. 生态学报,2013,33(19):6 181 – 6 190.〔Han Lu,Xi Linqiao,Wang Jiaqiang,et al. Life history characteristics and spatial distribution of Populus pruinosa population at the upper reaches of Tarim River? 〔J〕. Acta Ecologica Sinica,2013,33(19):6 181 – 6 190.〕

〔17〕 叶茂,徐海量,龚君君,等. 不同胸径胡杨径向生长的合理生态水位研究〔J〕. 地理科学,2011,(2):172 – 177.〔Ye Mao,Xu Hailiang,Gong Junjun,et al. Rational ecological groundwater level of Populus euphratica with different diameter in lower reaches of Tarim River〔J〕. Scientia Geographica Sinica,2011,(2):172 – 177.〕

〔18〕 张芸,叶茂. 塔里木河下游不同断面胡杨径向生长对地下水变化的敏感性研究〔J〕. 西北植物学报,2016 36(4):818 – 824.〔Zhang Yun,Ye Mao. Sensitivity Analysis of P. euphratica radial growth to groundwater changes in the different transects of the lower reaches of Tarim River〔J〕. Acta Botanica Boreali – Occidentalia Sinica?,2016 36(4):818 – 824.〕

〔19〕 Liang E,Ren P,Zhang S,et al. How can Populus euphratica cope with extremely dry growth conditions at 2,800 m asl on the northern Tibetan Plateau? 〔J〕. Trees,2013,27(2): 447 – 453.

〔20〕 李江风. 塔克拉玛干沙漠气候和利用〔J〕. 干旱区研究,1989(1):1 – 8.〔Li Jiangfeng. Climate and exploitation of Taklimakan Desert〔J〕. Arid Zone Research,1989(1):1 – 8.〕

〔21〕 季方,马英杰,樊自立. 塔里木河冲积平原胡杨林的土壤水分状况研究〔J〕. 植物生态学报,2001(1):17 – 21.〔Ji Fang,Ma Yingjie,Fan Zili. Soil water regime in Populous euphratica forest on the Tarim River alluvial plain〔J〕. Chinese Journal of Plant Ecology,2001(1):17 – 21.〕

〔22〕 吴祥定,邵雪梅. 中国树木年轮气候学研究动态与展望〔J〕. 地球科学进展,1993(6):31 – 35.〔Wu Xiangding,Shao Xuemei. Status of dendroclima tological study and its prospects in China〔J〕. Advances in Earth Science,1993(6):31 – 35.〕

〔23〕 司建华,常宗强,苏永红,等. 胡杨叶片气孔导度特征及其对环

chinaXiv:201807.00005v1

ChinaXiv合作期刊

境因子的响应〔J〕. 西北植物学报,2008,(1):125 − 130.〔Si Jianhua, Chang Zongqiang, Su Yonghong, et al. Stomatal conductance characteristics of Populus euphratica leaves and response to environmental factors in the extreme Arid Region〔J〕. Acta Botanica Boreali − Occidentalia Sinica,2008,(1):125 − 130.〕

〔24〕陈亚宁,李卫红,徐海量,等. 塔里木河下游地下水位对植被的影响〔J〕. 地理学报,2003,(4):542 − 549.〔Chen Yaning, Li Weihong, Xu Hailiang, et al. The influence of groundwater on vegetation in the lower reaches of Tarim River, China〔J〕. Acta Geographica Sinica,2003,(4):542 − 549.〕

〔25〕涂文霞,叶茂,徐海量,等. 塔里木河不同河段胡杨径向生长及径流的影响差异〔J〕. 干旱区研究,2014,31(3):508 − 515.〔Tu Wenxia, Ye Mao, Xu Hailiang, et al. Radial growth of Populus euphratica and the effect of runoff in the Tarim River Basin〔J〕. Arid Zone Research,2014,31(3):508 − 515.〕

〔26〕秦莉,尚华明. 巴丹吉林沙漠西南缘胡杨径向生长对气候的响应〔J〕. 沙漠与绿洲气象,2016,10(2):77 − 81 .〔Qi Li, Shang Huaming. Radial growth of Populus euphratica response to climate change at southwest Edge of Badain Jaran Desert〔J〕. Desert and Oasis Meteorology,2014,31(3):508 − 515.〕

〔27〕Oberhuber W, Stumboeck M, Kofler W. Climate − tree − growth relationships of Scots pine stands (Pinus sylvestris L.) exposed to soil dryness〔J〕. Trees,1998,13(1):19 − 27.

〔28〕吴桂林,蒋少伟,周天河,等. 不同地下水埋深胡杨与柽柳幼苗的水分利用策略比较〔J〕. 干旱区研究,2016,33(6):1 209 − 1 216.〔Wu Guilin, Jiang Shaowei, Zhou Tianhe, et al. Water use strategies of seedlings of Populus euphratica and Tamarix ramosissima under different groundwater depths〔J〕. Arid Zone Research, 2016,33(6):1 209 − 1 216.〕

〔29〕郭继凯. 塔里木河流域植被覆盖对气候变化和人类活动的响应〔D〕. 北京林业大学,2016.〔Guo Jikai. Response of vegetation cover to climate change and human activities in Tarim River Basin〔D〕. Beijing Forestry University,2016.〕

〔30〕王强. 三北防护林工程区植被覆盖变化特征及其对气候变化的响应研究〔D〕. 西北师范大学,2012.〔Wang Qiang. Characteristics of Vegetation Cover Change and Its Response to Climate Change in Three North Shelterbelt Project Area〔D〕. Northwest Normal University,2012.〕

Sensitivity of Radial Growth of Populus euphratica to Temperature in the Upper Reaches of Tarim River

GOU Xiaoxia1,2, YE Mao1,2 , Wang Liangliang1,2, GOU Xiaohong3

1 *College of Geography science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi*, 830054, *China*;

2 *Key Laboratory of Lake Environment and Resources in Arid Zone , Urumqi*, 830054, *China*;

3 *Xinjiang Agricultural University, Urumqi*, 830000, *China*

Abstract: Based on the meteorological data of the upper reaches of Tarim river and the data of Populus euphratica ring in Upstream river, the radial growth characteristics of Populus euphratica and their correlation with climatic factors in upstream of Tarim river were analyzed. The sensitivity analysis method was used to study the sensitive temperature of radial growth of Populus euphratica. The results show that: (1) In the past 170 years, the growth of Populus euphratica rings showed two peaks and a low value, and two peaks appeared in 1857 and 1879. After 1879, tree − ring growth showed a significant downward trend, reaching the lowest value in 1955. After that, the tree − ring growth began to show an increasing trend, 1989 after the growth a slightly reduced. (2) The tree − ring index was negatively correlated with the average temperature in June − September. It was indicated that temperature is the main factor restricting radial growth of Populus euphratica in upstream Tarim river. With the increase of temperature, the radial growth of Populus euphratica showed a decreasing trend. (3) The sensitivity of Populus euphratica to the change of temperature was different. With the increase of temperature, the decrease of radial growth sensitivity of Populus euphratica showed the trend of decreasing first and then decreasing, and the sensitive temperature of Populus euphratica was about 18.6 ℃. Therefore, we thought that 18.6 ℃ was the most reasonable temperature for the growth of Populus euphratica.

Key words: banks of the river; Populus euphratica; Tree − Ring; radial growth; climate change; the Tarim River

chinaXiv:201807.00005v1